

## Сравнительный анализ высоковольтных измерительных трансформаторов с масляной и элегазовой внутренней изоляцией

Элегазовые высоковольтные измерительные трансформаторы были разработаны более 40 лет, как альтернатива масляным. Количество выпускаемых элегазовых трансформаторов постоянно растет, однако их применение в различных странах происходит по-разному. Наибольшее количество трансформаторов с элегазовой изоляцией было внедрено в Европе, где их количество составляет 15-25% от общего числа применяемых высоковольтных измерительных трансформаторов. С другой стороны в США и Канаде за все это время их количество не превысило 5%. Что касается российского электротехнического рынка, то применение элегазовых измерительных трансформаторов здесь началось не так давно и интерес к ним повышенный.

В свою очередь, спрос на трансформаторы с масляной изоляцией на мировом рынке, также стабильно растет. Это связано прежде всего со значительным повышением качества масляных трансформаторов тока и напряжения. Современные высоковольтные измерительные трансформаторы с масляной изоляцией стали взрывобезопасными. Большой положительный опыт их применения при низких температурах, а также сравнительно низкая цена, во многих, случаях сделала их незаменимыми.

Так что сегодня можно с уверенностью сказать, что на рынке высоковольтных измерительных трансформаторов, главным образом, присутствуют два типа трансформаторов – один с масляной изоляцией, а другой с элегазовой, причем каждый из них имеет свою собственную нишу на рынке, определяемую его конструктивными и другими особенностями.

Рассмотрим некоторые из этих особенностей и проведем их сравнение, в том числе:

- на надежность трансформаторов
- на взрыво- и пожаробезопасность
- на работу трансформаторов при низких температурах
- на обслуживаемость трансформаторов
- на качество измерений и, наконец, их стоимость.

### а) Надежность трансформаторов

Современные, как масляные высоковольтные измерительные трансформаторы, так и элегазовые, можно с уверенностью утверждать, являются вполне надежными и имеют срок службы более 30-40 лет. Однако такую надежность можно достичь лишь за счет высокого качества изготовления трансформаторов, с применением новейших технологий. Тем более, это очень актуально стало сейчас, когда коэффициент запаса оборудования значительно понизился за счет уменьшения размеров трансформаторов, экономии материалов и т.д. Конкурентная борьба на рынке высоковольтных трансформаторов не должна приводить к появлению на ней дешевых некачественных трансформаторов. Их применение всегда чревато серьезными последствиями. Выбор высоковольтных измерительных трансформаторов должен всегда производиться по формуле: **качество + цена.**

### б) Взрыво- и пожаробезопасность

Прежде всего, следует отметить, что при некачественном изготовлении, могут взрываться в процессе эксплуатации как масляные, так и элегазовые трансформаторы. Плохая герметизация высоковольтных трансформаторов, механические повреждения, наличие посторонних примесей в изоляционной среде и т.д., независимо от типа трансформатора, могут привести к короткому замыканию внутри его и как следствие, к взрыву. Другой вопрос – к каким последствиям может привести этот взрыв.

В отличие от устаревших типов масляных высоковольтных трансформаторов,

возникновение взрыва в элегазовых трансформаторах не приводит к полному разрушению их изолятора на разлетающиеся во все стороны куски, а выброс в атмосферу элегаза, в отличие от масла, не приводит к возникновению пожара. В этом смысле элегазовые трансформаторы считаются взрыво- и пожаробезопасными и, именно, в этом и было их основное преимущество по сравнению с маслянными трансформаторами. Справедливости ради, нужно отметить, что выброс элегаза в атмосферу, хотя и не приводит к пожару, но это создает новую весьма опасную проблему. Реагируя с воздухом, элегаз образует очень ядовитые газы, наличие которых в атмосфере представляет серьезную проблему для здоровья.

В свою очередь, дальнейшее развитие маслянных измерительных трансформаторов позволило изготовить и их взрывобезопасные типы. Это современные трансформаторы с бумажно-маслянной изоляцией, возникновение взрыва в которых, из-за их специальной конструкции, не приводит к разрушению фарфорового изолятора. Кроме того, чаще и чаще стали применяться в трансформаторостроении изоляторы из композиционных материалов, особенно для применения на атомных электростанциях, в принципе исключающие возникновение разлетающихся кусков при взрыве внутри трансформатора и тем самым исключающие опасность повреждения близлежащего оборудования.

Что касается пожарозащищенности, то поскольку современные бумажно-маслянные высоковольтные измерительные трансформаторы являются маломаслянными, то это делает их малопожароопасными, из-за малой, локализованной площади горения. Понятно, что в плане взрыво- и пожаробезопасности, каждый рассматриваемый тип трансформатора имеет свои преимущества и недостатки, поэтому, выбирая трансформатор, надо это учитывать.

### **в) Работа трансформаторов при низких температурах**

Опыт применения маслянных высоковольтных измерительных трансформаторов в России и других странах, при низких температурах окружающей среды ( $-50^{\circ}\text{C}$  и ниже), весьма положительный и достаточно большой. В отличие от них, обычные элегазовые трансформаторы при таких условиях эксплуатировать невозможно, из-за того, что чистый элегаз ( $\text{SF}_6$ ) при таких температурах становится жидким, а то и в кристаллическом состоянии, что не допустимо. Тем не менее проблему можно решить, если применять смесь различных газов с более низкой температурой конденсации, чем чистый элегаз, например  $\text{SF}_6$ +азот.

В настоящее время, на российском рынке предлагаются такие элегазовые трансформаторы, позволяющие работать при весьма низких температурах, однако опыт их применения пока очень незначительный. Кроме того, применение смеси газов, приводит к увеличению размеров высоковольтного трансформатора, а следовательно и к повышению их стоимости.

Сегодня во всех странах, где присутствует арктический климат, применяются в подавляющем большинстве, а иногда исключительно, лишь маслянные высоковольтные трансформаторы тока и напряжения. Таким образом, что касается работы измерительных трансформаторов при низких температурах, предпочтение дается, в настоящее время, маслянным трансформаторам.

### **г) Обслуживание трансформаторов**

Современные маслянные трансформаторы ведущих мировых производителей практически не требуют специального обслуживания. Нужно лишь в рамках регулярных проверок проводить:

- проверку уровня масла
- визуальный контроль на наличие маслянных пятен
- контроль прочности электрических контактов
- очищать клемную коробку от возможных загрязнений

Взятие пробы масла или ее доливку рекомендуется осуществлять лишь в особых, экстремальных случаях (понижение уровня масла и т. д.) и желательно проводить ее с помощью специалиста с предприятия- поставщика или их представителя, что обеспечит дальнейшую безотказную работу трансформатора.

Что касается элегазовых трансформаторов, то в данном случае специальное обслуживание необходимо. Проводятся они согласно инструкции по эксплуатации, представляемых поставщиком трансформаторов. Некоторые заказчики предпочитают также проводить мониторинг состояния давления газа в элегазовых трансформаторах – это очень удобно, однако требует дополнительных затрат. Следовательно, можно сделать вывод, что обслуживание масляных высоковольтных трансформаторов дешевле и значительно менее трудоемко.

#### **д) Точность измерений и стоимость трансформаторов**

Выпускаемые, в настоящее время, как масляные так и элегазовые высоковольтные измерительные трансформаторы позволяют обеспечить все необходимые классы точности:

для измерений – 0,2S; 0,2; 0,5S; 0,5 и т.д.

для защиты – 5P ; 10P и т.д.

В этом смысле между масляными и элегазовыми трансформаторами разницы нет. Однако в цене трансформаторы с идентичными параметрами все же отличаются. Масляные трансформаторы стоят дешевле, причем если эта разница на напряжение 110 кВ не очень значительна (5-10%), то с повышением напряжения, разница в цене становится существенной, тем более, если требуется исполнение УХЛ1.

Из всего вышесказанного ясно, что современные высоковольтные измерительные трансформаторы не зависимо от изоляционной среды – масло или элегаз, имеют высокое качество и надежность. Сравнительный анализ, проведенный в этой статье, мы надеемся, поможет потребителям сделать правильный выбор высоковольтных измерительных трансформаторов.

Выбор типа, должен на наш взгляд, зависеть от условий эксплуатации. Например, вблизи от водоемов целесообразнее применять элегазовые трансформаторы, чтобы исключить возможность попадания масла в воду, вблизи же жилых массивов целесообразнее применять маломасленные измерительные трансформаторы, чтобы исключить возможность появления опасных ядовитых газов в населенных пунктах. При низких температурах, предпочтительнее масляные высоковольтные трансформаторы, если же очень высокие требования по пожаробезопасности, то предпочтительнее элегазовые трансформаторы и т.д.

Только правильный подход к выбору высоковольтных измерительных трансформаторов и их производителей, позволит решить насущные проблемы и обеспечить качественную работу трансформаторов.